

**TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON SEDERHANA DENGAN
SENGKANG KOMBINASI ANTARA SENGKANG “ALTERNATIF”
DAN SENGKANG MODEL “U” ATAU “n” YANG DIPASANGAN
SECARA MIRING SUDUT TIGA PULUH DERAJAT**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**BAMBANG SUTRISNO
NIM : D 100 090 064**

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2013**

**TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON SEDERHANA DENGAN
SENGKANG KOMBINASI ANTARA SENGKANG “ALTERNATIF”
DAN SENGKANG MODEL “U” ATAU “N” YANG DIPASANG
SECARA MIRING SUDUT TIGA PULUH DERAJAT**

ABSTRAKSI

Beton bertulang memerlukan penulangan berupa penulangan lentur dan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan momen lentur, sedangkan penulangan geser (sengkang) digunakan untuk menahan beban geser. Umumnya bagian tulangan sengkang yang berfungsi menahan beban geser adalah arah vertikal, sedangkan arah horisontal tidak diperhitungkan menahan beban gaya yang terjadi pada balok. Bagian tulangan sengkang arah vertikal mencegah terbelahnya balok akibat adanya geser. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tentang kekuatan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n” dan membandingkan dengan kekuatan sengkang konvensional yang dipasang secara miring sudut 30° . Penelitian ini bertujuan mengetahui: beban geser maksimal, kuat geser, dan besar perbedaannya antara sengkang konvensional dan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n” yang dipasang secara miring sudut 30° pada konstruksi balok beton sederhana. Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yaitu: tahap persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian, pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian, penyediaan benda uji, tahap pengujian kuat tekan beton dan kuat geser sengkang balok beton bertulang; serta tahap analisis dan pembahasan. Lokasi penelitian adalah di Laboratorium Bahan Bangunan di Prodi Teknik Sipil FT UMS. Total sampel benda uji yang dibuat sejumlah 20 buah, tiap variasi dibuat 2 sampel. Variasi tersebut menggunakan spasi sengkang 75 mm dan 100 mm, ukuran balok lebar 15 cm dan tinggi 20 cm, dengan bentang balok 100 cm. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa ada perbedaan kuat geser antara tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n” yang dipasang secara miring sudut 30° , yaitu selisih kuat geser maksimal berkisar berkisar antara 19,21% - 40,85% untuk spasi sengkang 75 mm dan 14,10% - 19,72% untuk spasi sengkang 100 mm. Secara umum dapat dinyatakan bahwa sengkang konvensional lebih kuat bila dibandingkan dengan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”.

Kata kunci : kuat geser, sengkang kombinasi, sengkang konvensional

LEMBAR PENGESAHAN

**TINJAUAN KUAT GESER BALOK BETON SEDERHANA DENGAN
SENGKANG KOMBINASI ANTARA SENKANG “ALTERNATIF”
DAN SENKANG MODEL “U” ATAU “n” YANG DIPASANGAN
SECARA MIRING SUDUT TIGA PULUH DERAJAT**

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diajukan dan disetujui untuk memenuhi sebagai
persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta

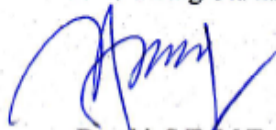
diajukan oleh :

BAMBANG SUTRISNO

NIM : D 100 090 064

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Basuki, S.T./M.T.

NIK : 783

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan elemen struktur bangunan yang telah dikenal dan banyak dimanfaatkan sampai saat ini. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan-perkembangan baik dalam teknologi pembuatan campurannya ataupun teknologi pelaksanaan konstruksinya. Perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan tulangan baja yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton sederhana. Beton sederhana sebagai elemen balok harus diberi penulangan yang berupa penulangan lentur (memanjang) dan penulangan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan pembebanan momen lentur yang terjadi pada balok. Penulangan geser (penulangan sengkang) digunakan untuk menahan pembebanan geser (gaya lintang) yang terjadi pada balok. Ada beberapa macam tulangan sengkang pada balok, yaitu sengkang vertikal, sengkang spiral, dan sengkang miring. Ketiga macam tulangan ini sudah lazim diterapkan dan sangat dikenal, yang dikenal sebagai tulangan sengkang konvensional (Wahyudi, 1997).

Tulangan sengkang konvensional yang telah dikenal selama ini dalam konsep perhitungannya dengan memperhitungkan, bahwa bagian tulangan sengkang yang berfungsi menahan beban geser adalah bagian pada arah vertikal (tegak lurus terhadap sumbu batang balok), sedangkan pada arah horisontal (bagian atas dan bawah) tidak diperhitungkan menahan beban gaya yang terjadi pada balok.

Berdasarkan uraian di atas, maka terlihat bahwa tulangan sengkang pada arah horisontal tidak berhubungan langsung dengan keretakan geser yang terjadi pada balok beton sederhana. Oleh karena itu, tulangan ini merupakan bagian tulangan sengkang yang tidak berperan secara penuh, hanya sebagai pengikat saja. Melihat perilaku ini, maka tulangan sengkang pada arah horisontal dapat divariasikan bahkan dihilangkan. Konsep penulangan sengkang yang hanya menggunakan tulangan vertikal saja diistilahkan sebagai penulangan sengkang “alternatif”. Sedangkan konsep penulangan sengkang yang menggunakan satu bagian tulangan horisontal bawah saja atau atas saja diistilahkan sebagai penulangan sengkang model “u” atau “n”. Kedua model penulangan tersebut secara teoritis memberikan manfaat positif, yaitu dalam hal efisiensi bahan atau biaya. Maka sangat menarik jika kedua sengkang tersebut dikombinasikan dengan model pemasangan secara miring 30° yang arahnya berlawanan dengan arah keretakan geser. Untuk memperkuat teori tersebut, maka diperlukan suatu penelitian di laboratorium mengenai kekuatan kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, dan membandingkannya dengan kekuatan sengkang konvensional yang telah lazim digunakan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

- Besarnya beban geser maksimal yang dapat ditahan oleh kombinasi sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, dan sengkang konvensional yang dipasang secara miring 30° pada balok beton sederhana.
- Kuat geser kombinasi sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, dan sengkang konvensional yang dipasang secara miring 30° pada balok beton sederhana.
- Adakah perbedaan atau tidak pada kuat geser kombinasi sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, dan sengkang konvensional yang dipasang secara miring 30° pada balok beton sederhana, dan berapa besarnya perbedaan kuat geser tersebut jika memang ada.

LANDASAN TEORI

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f'_c dengan satuan N/mm^2 atau MPa. Kuat tekan beton umur 28 hari nilainya berkisar antara kurang lebih 10 MPa - 65 MPa. Struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar antara 17 MPa - 30 MPa, sedangkan beton prategangan menggunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30 MPa - 45 MPa. Beton *ready mix* sanggup mencapai nilai kuat tekan 62 MPa digunakan untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, dan untuk

memproduksi beton kuat tekan tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat dalam laboratorium (Kusuma, 1997).

1. Perilaku Balok Tanpa Penulangan Geser

Kejadian geser pada balok beton tanpa tulangan, kerusakan umumnya terjadi di daerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok, dan dinamakan bentang geser. Retak akibat tarik diagonal merupakan salah satu cara terjadinya kerusakan geser. Untuk bentang geser yang lebih pendek, kerusakan akan timbul sebagai kombinasi dari pergeseran, remuk dan belah, sedangkan untuk balok beton tanpa tulangan dengan bentang geser lebih panjang, retak akibat tegangan tarik lentur akan terjadi terlebih dahulu sebelum retak karena tarik diagonal. Dengan demikian terjadinya retak tarik lenturan pada balok tanpa tulangan merupakan peringatan awal kerusakan geser.

2. Perencanaan Penulangan Geser

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihanannya atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser. Untuk komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja, menurut Pasal 13.3.1.1 (Departemen Pekerjaan Umum, 2002), memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah (V_c),

$$V_c = (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Apabila gaya geser yang bekerja V_u lebih besar dari kapasitas geser beton ϕV_c , maka diperlukan penulangan geser untuk memperkuatnya. Apabila gaya geser yang bekerja di sembarang tempat sepanjang bentang lebih besar dari $0,5 \phi V_c$, peraturan mengharuskan memasang paling tidak tulangan geser minimum yang disyaratkan seperti Pasal 13.1.1 (Departemen Pekerjaan Umum, 2002), sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s, \text{ sehingga, } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

- 1). Bahan – bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :
 - a). Semen *Portland* jenis I merk Gresik.
 - b). Pasir, berasal dari Klaten, Jawa Tengah.
 - c). Kerikil, berasal dari Wonogiri.
 - d). Air, berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
 - e). Tulangan memanjang balok dan begel dari baja berdiameter 8 dan 6 mm, berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta.
 - f). *Bekesting* untuk cetakan balok beton sederhana digunakan kayu sengon.
- 2). Pengujian di Laboratorium Bahan Bangunan Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan macam pengujiannya adalah :
 - a). Pengujian Kuat Tekan Beton, benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah.
 - b). Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan, benda uji berupa baja tulangan berdiameter 8 mm dan 6 mm masing-masing sebanyak 3 buah.
 - c). Pengujian Kuat Geser Sengkang Balok Beton Sederhana, benda uji berupa balok beton sederhana ukuran 15 x 20 x 100 cm sebanyak 20 buah.
- 3). Baja tulangan direncanakan dengan mutu sebesar $f_y = 240$ MPa.
- 4). Beton direncanakan dengan mutu (kuat tekan) sebesar $f'_c = 20$ MPa.
- 5). Perencanaan campuran adukan beton dengan menggunakan metode SNI-90 dengan faktor air semen sebesar 0,5.

- 6). Tulangan sengkang yang diteliti adalah jenis tulangan sengkang miring.
- 7). Beban yang bekerja pada benda uji adalah beban arah vertikal saja.

Peralatan Penelitian

Jenis alat yang digunakan selama penelitian tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Alat untuk pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian, meliputi : ayakan standart, penggetar ayakan (*siever*), timbangan, gelas ukur, kerucut conus, *oven*, *desicator*, *volumetric flash*, mesin uji *Los Angeles*.
- 2) Alat untuk pembuatan campuran adukan beton, meliputi : timbangan, bak penampung adukan beton, dan *mollen*.
- 3) Alat untuk pembuatan sampel uji kuat tekan beton, meliputi : Kerucut *Abram's*, tongkat baja, cetakan silinder beton, cetok.
- 4) Alat untuk pembuatan sampel uji kuat geser sengkang balok beton sederhana, meliputi : bekesting, kawat pengikat, cetok dan tongkat baja.
- 5) Alat untuk pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik tulangan baja dengan menggunakan mesin merk *UTM*, alat ini mempunyai kapasitas maksimum 1000 kN.
- 6) Alat untuk menguji kuat geser sengkang balok beton sederhana, dengan menggunakan mesin merk *UTM*, alat ini mempunyai kapasitas maksimum 1000 kN.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 5 tahap yang dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Tahap I : Persiapan bahan-bahan dan alat-alat penelitian.
- 2) Tahap II : Pemeriksaan kualitas bahan-bahan penelitian.
- 3) Tahap III : Penyediaan benda uji
- 4) Tahap IV : Pengujian benda uji
- 5) Tahap V : Analisis data dan pembahasan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian agregat halus diperoleh kandungan lumpur sebesar 12,64% yang artinya tidak memenuhi syarat bahan sebagai bahan penyusun beton karena kandungan lumpur lebih dari 5%. Maka dari itu, agregat halus perlu dicuci terlebih dahulu untuk menurunkan nilai kandungan lumpur tersebut sebelum digunakan dalam campuran adukan beton pada penelitian ini. Adapun data yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran adukan beton berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu sebesar 2,31%.

Dari hasil pengujian agregat kasar yang berasal dari Wonogiri memenuhi syarat bahan sebagai bahan penyusun beton. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *slump* sebesar 9,4 cm, maka menurut SNI 03-2467-2002 dapat dipakai untuk jenis beton pada plat, balok, kolom dan dinding. Yang artinya nilai *slump* sudah sesuai rencana.

Setelah benda uji mengalami proses perendaman selama 28 hari, benda uji dikeringkan terlebih dahulu dan setelah itu ditimbang. Dari hasil pengujian diperoleh berat jenis rata-rata sebesar $2,352 \text{ (g/cm)}^3$.

Setelah proses perawatan beton selama 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan benda uji silinder beton. Hasil pengujian dari ketiga sampel diperoleh kuat tekan beton sebesar (f'_c) 20,372 MPa. Kuat desak beton yang direncanakan adalah sebesar 20 MPa, hasil pengujian tersebut relatif sama dengan kuat tekan beton yang telah direncanakan. Selanjutnya untuk perhitungan analisis dipergunakan kuat desak beton sebesar 20,372 MPa.

Kuat tarik baja yang direncanakan adalah sebesar 240 MPa, meskipun besarnya kuat luluh riil lebih besar dari kuat luluh yang direncanakan, tetapi selisih perbedaanya tidak terlalu jauh. Nilai riil kuat luluh tulangan baja dalam analisis (f_y) sebesar 244,154 MPa.

Tabel V.7. Hasil pengujian geser balok beton sederhana

No	Kode sampel	Beban geser maks P (kN)	Displacement (mm)	P maks rata-rata (kN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
A. Senggang Konvensional				
1	SK - 75 mm (1)	87	6.9	88
2	SK - 75 mm (2)	89	7.2	
3	SK - 100 mm (1)	76	5.5	74.5
4	SK - 100 mm (2)	73	6.2	
B. Senggang Kombinasi antara senggang “alternatif” dan senggang “u”				
1	SUI - 75 mm (1)	75	7.7	73.5
2	SUI - 75 mm (2)	72	5.1	
3	SUI - 100 mm (1)	63	4.7	67
4	SUI - 100 mm (2)	71	6.3	
C. Senggang Kombinasi antara senggang “alternatif” dan senggang “n”				
1	SnI - 75 mm (1)	78	6.0	74
2	SnI - 75 mm (2)	70	7.2	
3	SnI - 100 mm (1)	66	4.8	67
4	SnI - 100 mm (2)	68	5.2	
D. Senggang Kombinasi antara senggang “u” dan senggang “n”				
1	SUn - 75 mm (1)	82	7.6	78
2	SUn - 75 mm (2)	74	7.1	
3	SUn - 100 mm (1)	65	6.4	68.5
4	SUn - 100 mm (2)	72	5.2	
E. Senggang “alternatif”				
1	SII - 75 mm (1)	72	7.9	70
2	SII - 75 mm (2)	68	5.8	
3	SII - 100 mm (1)	68	6.8	66.5
4	SII - 100 mm (2)	65	4.6	

Keterangan :

SK : Senggang Konvensional

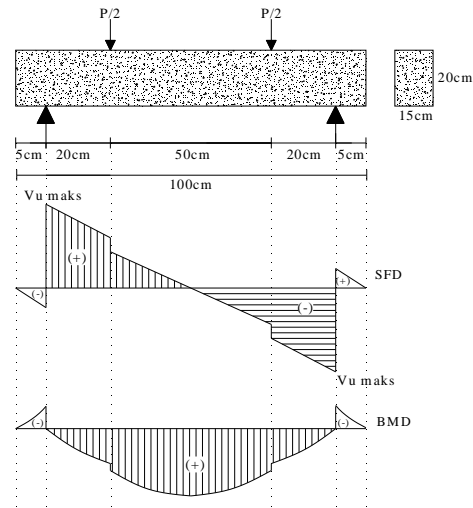
SuI : Senggang Kombinasi antara senggang model “u” dan senggang “alternatif”

SnI : Senggang Kombinasi antara senggang model “n” dan senggang “alternatif”

Sun : Senggang Kombinasi antara senggang model “u” dan senggang model “n”

SII : Senggang ”Alternatif”

Berdasarkan data hasil pengujian geser yang telah dilakukan, maka perhitungan geser pada balok uji dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar V.12. Struktur balok dengan pembebanannya

Berat jenis beton hasil pengujian = $2,352 \text{ t/m}^3$

Berat profil = 53 kg = 0,53 kN

Berat sendiri beton (q) = $0,0706 \text{ t/m} = 0,706 \text{ kN/m}$

Reaksi tumpuan :

$$\begin{aligned} R_A &= R_B = 0,5 P + 0,5 q L + (0,5 \times \text{berat profil}) \\ &= (0,5 \times 87) + (0,5 \times 0,706 \text{ kN/m} \times 1,0 \text{ m}) + (0,5 \times 0,53 \text{ kN}) \\ &= 44,583 \text{ kN} \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan nilai V_u maksimal pada semua benda uji disajikan pada Tabel V.8, Tabel V.9, Tabel V.10, Tabel V.11 dan Tabel V.12, sebagai berikut :

Tabel V.8. Hasil perhitungan V_u maksimal pada pengujian balok dengan sengkang konvensional.

Benda Uji	P maks (kN)	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SK - 75 mm (1)	87	44.083	44.583
SK - 75 mm (2)	89	45.083	
SK - 100 mm (1)	76	38.583	37.833
SK - 100 mm (2)	73	37.083	

SK : sengkang konvensional

Tabel V.9. Hasil perhitungan V_u maksimal pada pengujian balok dengan sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang “alternatif”

Benda Uji	P maks (kN)	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SUI - 75 mm (1)	75	38.083	37.333
SUI - 75 mm (2)	72	36.583	
SUI - 100 mm (1)	63	32.083	34.083
SUI - 100 mm (2)	71	36.083	

SuI : sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang “alternatif”

Tabel V.10. Hasil perhitungan V_u maksimal pada pengujian balok dengan sengkang kombinasi antara sengkang “n” dan sengkang “alternatif”

Benda Uji	P maks (kN)	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SnI - 75 mm (1)	78	39.583	37.583
SnI - 75 mm (2)	70	35.583	
SnI - 100 mm (1)	66	33.583	34.083
SnI - 100 mm (2)	68	34.583	

SnI : sengkang kombinasi antara sengkang model “n” dan sengkang “alternatif”

Tabel V.11. Hasil perhitungan V_u maksimal pada pengujian balok dengan sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang “n”

Benda Uji	P maks (kN)	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SUn - 75 mm (1)	82	41.583	39.583
SUn - 75 mm (2)	74	37.583	
SUn - 100 mm (1)	65	33.083	34.833
SUn - 100 mm (2)	72	36.583	

SUn : sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang model “n”

Tabel V.12. Hasil perhitungan V_u maksimal hasil pengujian pada sengkang “alternatif”

Benda Uji	P maks (kN)	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SII - 75 mm (1)	72	36.583	35.583
SII - 75 mm (2)	68	34.583	
SII - 100 mm (1)	68	34.583	33.833
SII - 100 mm (2)	65	33.083	

SII : sengkang “alternatif”

Tabel V.13. Perhitungan V_u maks analitis pada balok uji

Kode sampel	V_u maks (kN)	V_u maks rata-rata (kN)
SK - 75 mm (1)	43.744	43.744
SK - 75 mm (2)	43.744	
SK - 100 mm (1)	36.195	36.195
SK - 100 mm (2)	36.195	

SUI - 75 mm (1)	43.744	43.744
SUI - 75 mm (2)	43.744	
SUI - 100 mm (1)	36.195	36.195
SUI - 100 mm (2)	36.195	
SnI - 75 mm (1)	43.744	43.744
SnI - 75 mm (2)	43.744	
SnI - 100 mm (1)	36.195	36.195
SnI - 100 mm (2)	36.195	
SUn - 75 mm (1)	43.744	43.744
SUn - 75 mm (2)	43.744	
SUn - 100 mm (1)	36.195	36.195
SUn - 100 mm (2)	36.195	
SII - 75 mm (1)	43.744	43.744
SII - 75 mm (2)	43.744	
SII - 100 mm (1)	36.195	36.195
SII - 100 mm (2)	36.195	

Tabel V.14. Perhitungan V_u rata-rata hasil pengujian dan V_u rata-rata analitis

Kode sampel	V_u rata-rata hasil pengujian (kN)	V_u rata-rata analitis (kN)	Keterangan
SK - 75 mm (1)	44.583	43.744	Hasil pengujian lebih besar dari analitis
SK - 75 mm (2)			
SK - 100 mm (1)	37.833	36.195	Hasil pengujian lebih besar dari analitis
SK - 100 mm (2)			
SUI - 75 mm (1)	37.333	43.744	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SUI - 75 mm (2)			
SUI - 100 mm (1)	34.083	36.195	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SUI - 100 mm (2)			
SnI - 75 mm (1)	37.583	43.744	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SnI - 75 mm (2)			
SnI - 100 mm (1)	34.083	36.195	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SnI - 100 mm (2)			
SUn - 75 mm (1)	39.583	43.744	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SUn - 75 mm (2)			
SUn - 100 mm (1)	34.833	36.195	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SUn - 100 mm (2)			
SII - 75 mm (1)	35.583	43.744	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SII - 75 mm (2)			
SII - 100 mm (1)	33.833	36.195	Hasil pengujian lebih kecil dari analitis
SII - 100 mm (2)			

Berikut ini adalah cara menghitung besarnya beban geser yang dilimpahkan kepada tulangan sengkang (V_s) pada balok uji berdasarkan besarnya nilai V_u rata-rata hasil pengujian.

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= (1/6) \times \sqrt{20,372} \times 150 \times 160,1 \\ &= 18065,425 \text{ N} \\ &= 18,065 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}, \text{ untuk } V_u = 44,853 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } V_s = \frac{44,583 - (0,75 \times 18,065)}{0,75}$$

$$= 41,379 \text{ kN}$$

Selanjutnya hasil perhitungan besarnya V_s untuk semua balok uji ditampilkan pada Tabel V.15, sebagai berikut :

Tabel V.15. Hasil perhitungan V_s pada balok uji

Kode sampel	V_u rata-rata hasil pengujian (kN)	V_s (kN)	Keterangan
SK - 75 mm (1)	44.583	41.379	Sengkang konvensional
SK - 75 mm (2)			
SK - 100 mm (1)	37.833	32.379	Sengkang konvensional
SK - 100 mm (2)			
SUI - 75 mm (1)	37.333	31.712	Sengkang kombinasi antara sengkang alternatif dan model "u"
SUI - 75 mm (2)			
SUI - 100 mm (1)	34.083	27.379	Sengkang kombinasi antara sengkang alternatif dan model "u"
SUI - 100 mm (2)			
SnI - 75 mm (1)	37.583	32.045	Sengkang kombinasi antara sengkang alternatif dan model "n"
SnI - 75 mm (2)			
SnI - 100 mm (1)	34.083	27.379	Sengkang kombinasi antara sengkang alternatif dan model "n"
SnI - 100 mm (2)			
SUn - 75 mm (1)	39.583	34.712	Sengkang kombinasi antara sengkang model "u" dan "n"
SUn - 75 mm (2)			
SUn - 100 mm (1)	34.833	28.379	Sengkang kombinasi antara Sengkang model "u" dan "n"
SUn - 100 mm (2)			
SII - 75 mm (1)	35.583	29.379	Sengkang alternatif
SII - 75 mm (2)			
SII - 100 mm (1)	33.833	27.045	Sengkang alternatif
SII - 100 mm (2)			

Tabel V.16. Perbandingan V_s , kekuatan sengkang konvensional dan sengkang kombinasi antara sengkang alternatif dan sengkang “u” atau “n”

Kode sampel	V_s (kN)	Kode sampel	V_s (kN)	Selisih kekuatan		Keterangan
				(%)	(kg)	
SK - 75 mm	41.379	SuI - 75 mm	31.712	30.48	967	SK > SUI
SK - 100 mm	32.379	SuI - 100 mm	27.379	18.26	500	SK > SUI
SK - 75 mm	41.379	SnI - 75 mm	32.045	29.13	933.33	SK > SnI
SK - 100 mm	32.379	SnI - 100 mm	27.379	18.26	500	SK > SnI
SK - 75 mm	41.379	Sun - 75 mm	34.712	19.21	667	SK > Sun
SK - 100 mm	32.379	Sun - 100 mm	28.379	14.10	400	SK > Sun
SK - 75 mm	41.379	SII - 75 mm	29.379	40.85	1200	SK > SII
SK - 100 mm	32.379	SII - 100 mm	27.045	19.72	533.33	SK > SII

Dari Tabel di atas menunjukkan bahwa ada perbedaan kuat geser antara sengkang konvensional dan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”. Perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) untuk spasi sengkang 75 mm adalah 29,13 % - 30,48 % dan untuk spasi sengkang 100 mm adalah 18,26 %. Perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) sengkang konvensional dengan sengkang model “u” atau “n” untuk spasi sengkang 75 mm adalah 19,21 % dan untuk spasi sengkang 100 mm adalah 14,10 %. Perbedaan kekuatan (selisih kekuatan) sengkang konvensional dengan “alternatif” untuk spasi sengkang 75 mm adalah 40,85 % dan untuk jarak antar sengkang 100 mm adalah 19,72 %. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tulangan sengkang arah horizontal sangat mempengaruhi kekuatan geser suatu balok.

KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut

- 1). Beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji ($V_{u \text{ maks}}$ hasil pengujian) sengkang konvensional diperoleh sebagai berikut :
 - a). Beban geser maksimal rata-rata 44,583 kN, untuk spasi 75 mm.
 - b). Beban geser maksimal rata-rata 37,833 kN, untuk spasi 100 mm.
- 2). Beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji (V_u maksimal hasil pengujian) dengan sengkang kombinasi sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, diperoleh sebagai berikut :
 - a). Beban geser maksimal rata-rata 37,333 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” dengan spasi 75 mm.
 - b). Beban geser maksimal rata-rata 34,083 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” dengan spasi 100 mm.
 - c). Beban geser maksimal rata-rata 37,583 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “n” dengan spasi 75 mm.
 - d). Beban geser maksimal rata-rata 34,083 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “n” dengan spasi 100 mm.

- e). Beban geser maksimal rata-rata 39,583 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang model “n” dengan spasi 75 mm.
- f). Beban geser maksimal rata-rata 34,833 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang model “n” dengan spasi 100 mm.
- g). Beban geser maksimal rata-rata 35,583 kN, untuk sengkang “alternatif” dengan spasi 75 mm.
- h). Beban geser maksimal rata-rata 33,833 kN, untuk sengkang “alternatif” dengan spasi 100 mm.
- 3). Kuat geser maksimal yang terjadi pada balok uji ($V_{s \text{ maks}}$ hasil pengujian) dengan sengkang konvensional diperoleh sebagai berikut :
 - a). Kuat geser maksimal rata-rata 41,379 kN, untuk spasi 75 mm.
 - b). Kuat geser maksimal rata-rata 32,379 kN, untuk spasi 100 mm.
- 4). Kuat geser maksimal yang terjadi pada balok uji ($V_{s \text{ maks}}$ hasil pengujian) dengan sengkang kombinasi sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n”, diperoleh sebagai berikut :
 - a). Kuat geser maksimal rata-rata 31,712 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” dengan spasi 75 mm.
 - b). Kuat geser maksimal rata-rata 27,379 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” dengan spasi 100 mm.
 - c). Kuat geser maksimal rata-rata 32,045 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “n” dengan spasi 75 mm.
 - d). Kuat geser maksimal rata-rata 27,379 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “n” dengan spasi 100 mm.
 - e). Kuat geser maksimal rata-rata 34,712 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang model “n” dengan spasi 75 mm.
 - f). Kuat geser maksimal rata-rata 28,379 kN, untuk sengkang kombinasi antara sengkang model “u” dan sengkang model “n” dengan spasi 100 mm.
 - g). Kuat geser maksimal rata-rata 29,379 kN, untuk sengkang “alternatif” dengan spasi 75 mm.
 - h). Kuat geser maksimal rata-rata 27,045 kN, untuk sengkang “alternatif” dengan spasi 100 mm.
- 5). Ada perbedaan kuat geser antara tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang kombinasi antara sengkang “alternatif” dan sengkang model “u” atau “n” yaitu selisih kuat geser maksimal ($V_{s \text{ maks}}$) berkisar antara 14,10% - 40,85%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kekuatan geser antar kedua sengkang adalah tidak sama.
- 6). Hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh mutu beton sebesar (f'_c) 20,372 MPa, sedangkan kuat tekan beton yang direncanakan sebesar (f'_c) 20 MPa, itu artinya kuat tekan beton hasil pengujian relatif sama dengan kuat tekan beton yang direncanakan, sehingga perhitungan menggunakan data kuat tekan beton hasil pengujian.
- 7). Hasil pengujian kuat tarik baja diperoleh mutu baja sebesar (f_y) 244,154 MPa, sedangkan kuat tarik baja yang direncanakan sebesar (f_y) 240 MPa, itu artinya kuat tarik baja hasil pengujian lebih besar dari kuat tarik baja yang telah direncanakan, sehingga perhitungan menggunakan data kuat tarik baja dari hasil pengujian ($f_y \text{ uji} > f_y \text{ rencana}$).

Saran

Beberapa saran berdasarkan hasil penelitian ini antara lain :

- 1) Penelitian semacam ini juga dapat dikembangkan pada balok tinggi yaitu balok beton yang cenderung menahan pembebanan geser yang lebih dominan dibandingkan dengan beban lentur, sehingga diperlukan tinggi penampang yang besar dibandingkan lebar penampangnya.
- 2) Penelitian yang telah dilakukan ini terbatas dengan alat pengujian geser balok dengan dimensi maksimal penampang balok beton sebesar 20 cm dan kapasitas alat menahan beban sebesar maksimal 10 ton. Dengan kondisi semacam ini maka dapat dilakukan penelitian serupa untuk balok beton dengan dimensi penampang balok yang lebih besar dan dengan alat pengujian geser yang mempunyai kapasitas menahan beban maksimal yang lebih besar lagi.

- 3) Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2010. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2009. *Struktur Beton Lanjut*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Basuki, Nurul H., 2008. *Rekayasa Tulangan Sengkang Vertikal Pada Balok Beton Bertulang*, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI – 1982)*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kenneth, M. L., 1997. *Reinforced Concrete Design*, Mc.Graw Hill, Singapore.
- Kusuma, G. H., 1997. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A. M., 1987. *Concrete Technology*, Longman Group UK Limited, England.
- Sari, P., 2010. *Rekayasa Penulangan Geser Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Sengkang Vertikal Model “U”*, Tugas Akhir Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Suseno, B., 1987. *Konstruksi baja I*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wahyudi, L., 1997. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.